

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-189380

(43)Date of publication of application : 23.07.1996

(51)Int.Cl.

F02C 7/22  
F02C 6/18  
// F02M 27/02

(21)Application number : 07-001019

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 09.01.1995

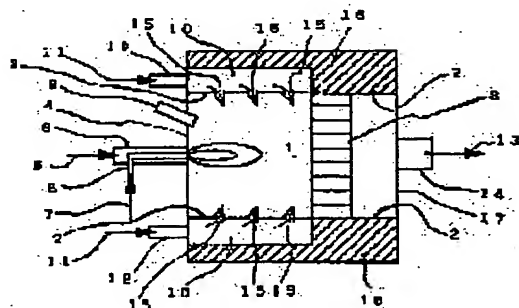
(72)Inventor : KOYAMA KAZUHIRO  
SUGITA NARIHISA  
MARUSHIMA SHINYA  
MAKINO YUJI  
GONDA KAZUHIRO

## (54) FUEL REFORMING DEVICE AND POWER GENERATING SYSTEM WITH IT

## (57)Abstract:

PURPOSE: To provide a highly reliable fuel reforming device capable of applying to a gas turbine power generating system and a highly reliable power generating system in which its fuel reforming device is provided.

CONSTITUTION: In a cylindrical fuel reforming device covered with an insulating layer 16, a fuel flow path 1 partitioned by a cylindrical partition 2 is formed in the direction of the center axis of the device. In mid-course of it, a reforming catalytic layer 3 to reform the gas flown from the upstream side of the fuel flow path 1 into a specified reform gas is provided. In the upstream side of the reforming catalytic layer 3, a cooling jacket 10 is arranged so that it surrounds the fuel flow path 1, and steam 11 to cool the cylindrical partition 2 is fed to it. Then, in the cylindrical partition 2 on the upstream side of the reforming catalytic layer 3, multiple injection ports 15 to communicate the cooling jacket 10 to the fuel flow path 1 are provided so that the steam 11 fed into the cooling jacket 10 can be exhausted into the fuel flow path 1.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

11.09.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3196549

[Date of registration]

08.06.2001

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-189380

(43) 公開日 平成8年(1996)7月23日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
F 0 2 C 7/22	D			
6/18	A			
// F 0 2 M 27/02	F			

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平7-1019

(22) 出願日 平成7年(1995)1月9日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 小山 一仁

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日

立製作所機械研究所内

(72) 発明者 杉田 成久

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日

立製作所機械研究所内

(72) 発明者 圓島 信也

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日

立製作所機械研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

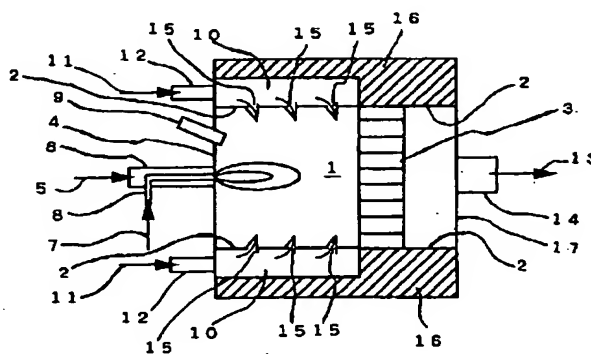
(54) 【発明の名称】 燃料改質装置及びその燃料改質装置を備えた発電システム

(57) 【要約】

【目的】 ガスタービン発電システムに適用できる信頼性の高い燃料改質装置及びその燃料改質装置を備えた信頼性の高い発電システムの提供。

【構成】 断熱層16で覆われた円筒状の燃料改質装置は、その中心軸方向に円筒状郭壁2で郭定された燃料流路1が形成され、その途中には、燃料流路1の上流側から流れてきた被改質ガスを所定の改質ガスに改質する改質触媒層3が備えられている。改質触媒層3の上流側には、燃料流路1を取り囲むように冷却用ジャケット10が配設され、円筒状郭壁2を冷却するための水蒸気11が供給されるようになっている。また、改質触媒層3の上流側の円筒状郭壁2には、冷却用ジャケット10に導入された水蒸気11が燃料流路1に排出されるよう冷却用ジャケット10と燃料流路1とを連通する噴射口15が複数設けられている。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 内部に改質触媒層を備える第1の部屋と、該第1の部屋に隣接して配置され前記第1の部屋に冷却媒体を導入する第2の部屋とを有してなる燃料改質装置。

【請求項2】 原燃料を部分酸化させ被改質ガスを得ると共に、内部に備えた改質触媒層により前記被改質ガスを改質し改質ガスを得る第1の部屋と、該第1の部屋に隣接して配置され前記第1の部屋に冷却媒体を導入する第2の部屋とを有してなる燃料改質装置。

【請求項3】 原燃料を部分酸化させ被改質ガスを得ると共に、内部に備えた改質触媒層により前記被改質ガスを改質し改質ガスを得る燃料流路と、前記改質触媒層よりも上流側の前記燃料流路に隣接して配置され前記燃料流路に冷却媒体を前記燃料流路に対し複数個所で導入する冷却ジャケットとを有してなる燃料改質装置。

【請求項4】 原燃料を部分酸化させ被改質ガスを得ると共に、内部に備えた改質触媒層により前記被改質ガスを改質し改質ガスを得る燃料流路と、前記改質触媒層よりも上流側の前記燃料流路に隣接して配置され前記燃料流路に冷却媒体を前記燃料流路に対し複数個所で導入する冷却ジャケットと、前記改質触媒層の上流側に備えた整流器とを有してなる燃料改質装置。

【請求項5】 前記整流器は、燃焼触媒を担持していることを特徴とする請求項4記載の燃料改質装置。

【請求項6】 原燃料を部分酸化させ被改質ガスを得ると共に、内部に備えた改質触媒層により前記被改質ガスを改質し改質ガスを得る燃料流路と、前記改質触媒層よりも上流側の前記燃料流路に隣接して配置され前記燃料流路に冷却媒体を前記燃料流路に対し複数個所で導入する冷却ジャケットとを有すると共に、前記燃料流路は直径の異なる複数の燃料流路からなる燃料改質装置。

【請求項7】 原燃料を部分酸化させ被改質ガスを得ると共に、内部に備えた改質触媒層により前記被改質ガスを改質し改質ガスを得る第1の部屋と、該第1の部屋に隣接して配置され前記第1の部屋を冷却する第1の媒体を導入する第2の部屋と、前記改質触媒層の上流側に設けられ前記第1の部屋に供給された第2の媒体に旋回を与える旋回手段とを有してなる燃料改質装置。

【請求項8】 燃料を燃焼して燃焼ガスを得る燃焼器と、該燃焼器で得られた燃焼ガスを駆動源とするタービンと、該タービンから排出された排ガスにより水蒸気を発生させる排熱回収ボイラとを有する発電システムにおいて、

前記排熱回収ボイラで得られた水蒸気により冷却されると共に、前記燃焼器に供給する前記燃料を得る燃料改質装置を具備したことを特徴とする発電システム。

【請求項9】 燃料を燃焼して燃焼ガスを得る燃焼器と、該燃焼器で得られた燃焼ガスを駆動源とするタービンと、該タービンから排出された排ガスにより水蒸気を発

生させる排熱回収ボイラとを有する発電システムにおいて、

前記排熱回収ボイラで得られた水蒸気により冷却されると共に、冷却した前記水蒸気により改質される被改質ガスの温度を調整し、前記燃焼器に供給する前記燃料を得る燃料改質装置を具備したことを特徴とする発電システム。

【請求項10】 圧縮空気と燃料とを燃焼して燃焼ガスを得る燃焼器と、該燃焼器で得られた燃焼ガスを駆動源とするタービンと、該タービンから排出された排ガスにより水蒸気を発生させる排熱回収ボイラとを有する発電システムにおいて、

前記圧縮空気により冷却されると共に、前記排熱回収ボイラで得られた水蒸気により冷却され、冷却した前記水蒸気により改質される被改質ガスの温度を調整し、前記燃焼器に供給する前記燃料を得る燃料改質装置を具備したことを特徴とする発電システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は燃料改質装置及びその燃料改質装置を備えた発電システムに係り、特にガスタービン発電システムに好適な直接熱交換式燃料改質装置とその改質装置を備えた発電システムに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来より炭化水素等の原燃料を水素富化ガスに改質する燃料改質装置として、間接熱交換式燃料改質装置、直接熱交換式燃料改質装置等が知られている。

【0003】 このうち、間接熱交換式燃料改質装置は、改質触媒をしてなる反応管と、この反応管に熱を与えるバーナとを備え、バーナからの燃焼ガスにより反応管を加熱しながら、反応管の一端側から内部に流入した原燃料をその内部に充填されている改質触媒により水素富化ガスに改質するというものである。

【0004】 一方、直接熱交換式燃料改質装置は、改質触媒を内部に備える燃料流路を備え、燃料流路内において原燃料の一部を空気で部分酸化（燃焼）し、得られた高温の被改質ガスを改質触媒層により水素富化ガスに改質するというものである。尚、直接熱交換式燃料改質装置は、化学工業用に用いられている。

【0005】 尚、燃料改質装置を備えたガスタービン発電システムとして、例えば、特開平2-286835号、特開平5-332166号、特開平5-332167号等に記載されたものがある。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 前述した間接熱交換式燃料改質装置は、反応管を加熱するバーナを備えていることから装置が大型になる。しかも、ガスタービンの排ガスを熱源とすると、改質反応に必要な700℃程度の改質温度を得ることが難しい。つまり、ガスタービンの

【0014】また、原料を部分酸化させ被改質ガスを  
得ると共に、内部に備えた改質触媒層により前記被改質  
ガスを改質し改質ガスを得る燃料流路と、前記改質触媒

【作用】 前述した本発明の燃料改質装置によれば、第 1 の部屋、即ち燃料流路に隣接して配置された第 2 の部

屋、即ち冷却ジャケットに冷却媒体である水蒸気が導入され燃料流路を外側から冷却する。これにより、高温の被改質ガスにさらされている燃料流路は、高温の被改質ガスから保護される。

【0023】冷却後の水蒸気は、冷却ジャケットの複数の箇所から燃料流路に噴射される。これにより、改質触媒層に流入する被改質ガスは、その温度が改質触媒層で改質されるのに適した温度に調節される。

【0024】また、本発明の燃料改質装置によれば、改質触媒層の上流側に備えた整流器を介して被改質ガスを改質触媒層に流入させる。これにより、被改質ガスに形成されている流速分布領域、温度分布領域或いは燃料濃度分布領域がガスの流れ方向に対して均等化される。また、整流器に燃焼触媒を担持させているので、被改質ガスに微量に含まれている空気中の酸素が完全に燃焼される。

【0025】また、本発明の燃料改質装置によれば、燃料流路が直径の異なる複数の燃料流路から構成されているので、燃料流路に作用する熱応力による伸縮差を許容できる。

【0026】また、本発明の燃料改質装置によれば、冷却ジャケットに冷却媒体である空気が導入され燃料流路を外側から冷却する。また、旋回手段を介して燃料流路に水蒸気が供給される。供給された水蒸気は、燃料流路内に大きく拡がり、燃料流路を内側から冷却する。これにより、高温の被改質ガスにさらされている燃料流路は、高温の被改質ガスから保護される。また、水蒸気は、被改質ガスに混合される。これにより、改質触媒層に流入する被改質ガスは、その温度が改質触媒層で改質されるのに適した温度に調節される。

【0027】前述した発電システムによれば、排熱回収ボイラで発生した水蒸気或いは圧縮空気により燃料改質装置が冷却される。これにより、ガスタービンの負荷変動により熱負荷の変動があっても、その熱から燃料改質装置は保護されながら、燃焼器へ供給する燃料ガスが得られる。

【0028】

【実施例】以下、本発明の実施例について図面を参照して説明する。

【0029】図1は本発明の第1の実施例である燃料改質装置の軸線を含む平面での断面図である。

【0030】断熱層16で覆われた円筒状の燃料改質装置は、その中心軸方向に円筒状郭壁2で郭定された燃料流路1が形成され、その途中には、燃料流路1の上流側から流れてきた被改質ガスを所定の改質ガスに改質する改質触媒層3が備えられている。尚、前記断熱層16は、燃料改質装置から放出される熱を遮断する役目をしているものであって、具体的には、熱伝導率の小さいグラスウールやセラミックウール等の保温材を用いている。また、改質触媒層3としては、炭化水素に対する改

質性能がよく、低コストであるニッケル系の金属を用いている。

【0031】ここで、郭定とは、物体の輪郭ないしは形状を決定するという意味で、郭壁とは、その意味を含んだ壁を意味する。

【0032】改質触媒層3の上流側には、燃料流路1を取り囲むように冷却用ジャケット10が配設され、円筒状郭壁2を冷却するための水蒸気11が供給されるようになっている。また、改質触媒層3の上流側の円筒状郭壁2には、冷却用ジャケット10に導入された水蒸気11が燃料流路1に排出されるよう冷却用ジャケット10と燃料流路1とを連通する噴射口15が複数設けられている。

【0033】燃料改質装置の上流側端面4のほぼ中心部には、炭化水素等の燃料と水蒸気とを所定の割合で混合し得られた混合ガス5を外部から燃料流路1内に供給する燃料供給管6が接続され、かつこの燃料供給管6の内部には、空気7を外部から燃料流路1内に供給する空気供給管8が燃料供給管6のほぼ中心軸上に配設されている。また、上流側端面4には、水蒸気11を外部から冷却用ジャケット10内に供給する複数の冷却媒体供給管12が冷却用ジャケット10に沿って、燃料改質装置の周方向に接続されている。尚、9は燃料流路1内に供給されたガスに点火する点火栓である。

【0034】燃料改質装置の下流側端面17のほぼ中心部には、改質触媒層3によって改質され得られた水素富化ガス13を外部装置に排出する燃料排出管14が接続されている。

【0035】このように本実施例の燃料改質装置は構成されており、以下のように動作する。

【0036】燃料供給管6を介して燃料流路1内に炭化水素等の燃料（本実施例ではメタンを採用）と水蒸気とを所定の割合で混合した混合ガス5が供給され、空気供給管8を介して燃料流路1内に空気7が供給される。燃料流路1内に供給された混合ガス5と空気7は、点火栓9により点火され拡散燃焼する。この時、空気供給管8を介して燃料流路1内に供給された空気7は、その流量が燃料供給管6を介して燃料流路1内に供給された混合ガス5（燃料であるメタン）の20%程度を燃焼させる流量であるので、混合ガス5は部分酸化（部分燃焼）され、未燃ガスを含む高温の被改質ガスが得られる。

【0037】尚、燃料供給管6を介して燃料流路1内に供給される混合ガス5は、予め炭化水素等の燃料と水蒸気とを所定の割合で混合し得られるものであるが、この混合のタイミングとしては、燃料供給管6に供給する前であってもよいし、炭化水素等の燃料と水蒸気とを夫々燃料供給管6に供給してからでもよい。

【0038】一方、冷却媒体供給管12を介して冷却用ジャケット10内に水蒸気11が供給される。冷却用ジャケット10内に供給された水蒸気11は、前記燃焼に

より得られた高温の被改質ガスにさらされる円筒状郭壁2を外側から冷却する。

【0039】円筒状郭壁2の冷却後、冷却用ジャケット10内に供給された水蒸気11は、冷却用ジャケット10と燃料流路1とを連通する複数の噴射口15から燃料流路1内に噴射され、前記燃焼により得られた高温の被改質ガスと混合される。これにより、高温の被改質ガスは、改質触媒層3に流入するのに適した温度、即ち改質されるのに適した温度に調節され、改質触媒層3に流入\*



ここで、s, h, c<sub>1</sub>, c<sub>2</sub> は係数、ΔQは反応熱である。

【0042】このようにして得られた水素富化ガス13は、燃料排出管14より外部装置に供給される。

【0043】以上本実施例によれば、円筒状郭壁2により形成された燃料流路1を取り囲むように冷却用ジャケット10を配置し、この冷却用ジャケット10内に円筒状郭壁2を冷却するための水蒸気11を供給するようにしたので、円筒状郭壁2は水蒸気11により外側から冷却される。従って、高温の被改質ガスによって高温に熱せられる円筒状郭壁2は、前記冷却により保護される。これにより、高熱に対する燃料改質装置の信頼性が向上する。具体的には、前記部分酸化（燃焼）で得られる被改質ガスに直接さらされる円筒状郭壁2は、1100℃程度まで上昇する。これに対して、冷却用ジャケット10には、350℃～450℃程度の水蒸気が供給される。これにより、この高温の被改質ガスに直接さらされる円筒状郭壁2の温度を700℃程度に抑えることができる。従って、円筒状郭壁2には、700℃程度の温度に耐える材質の材料を使用すればよい。

【0044】また、本実施例によれば、冷却用ジャケット10と燃料流路1とを連通する噴射口15を円筒状郭壁2に複数設け、円筒状郭壁2を冷却した水蒸気11が複数の噴射口15介して燃料流路1に噴射されるようにしたので、被改質ガスの温度は、混合ガス5を部分酸化（部分燃焼）させる空気7と、円筒状郭壁2を冷却した水蒸気11とにより調整する自由度を有する。これにより、改質触媒の活性変化（例えば活性劣化）がおきても、被改質ガスの温度を空気7と水蒸気11とにより調整し、改質触媒層3における改質率を一定に維持する。従って、燃料改質装置の燃料改質装置の制御性と性能が向上する。

【0045】また、円筒状郭壁2を冷却した水蒸気11が被改質ガスに混合されると、改質触媒層3において行われる改質反応、即ち前述した数式で示される反応におけるスチームカーボン比s（H<sub>2</sub>O/CH<sub>4</sub>のモル比）を4.0程度にすることができるので、前述した式（1）で示される反応を促進させることができる。従って、改質触媒層3での改質効率が向上する。

【0046】また、本実施例によれば、燃焼方式として

\*する。

【0040】改質触媒層3では、以下の数式で表される反応が行われ、被改質ガスは水素富化ガス13に改質される。尚、この改質反応は、メタンのスチームリフォーミング反応と呼ばれ、メタンとスチームの混合ガスが水素リッチなガスに変わる吸熱反応である。

【0041】

【数1】

拡散燃焼を採用したので、燃料供給管6から供給される混合ガス5と空気供給管8から供給される空気7は、確実に着火される。つまり、混合ガス5（燃料）と空気とを別々に供給すると、燃料の濃度分布は0%（空気100%）～100%（空気0%）の全範囲にわたる。一方、燃料は、夫々固有の燃焼範囲、即ち燃焼が持続するための燃料の濃度範囲をもっている（例えば、本実施例における燃料であるメタンの空気中（常温常圧）における燃焼範囲は、体積濃度で5.0%～15.0%）。従って、拡散燃焼を採用することにより、確実に燃料の燃焼範囲を含み、確実に着火できる。また、この着火による燃焼熱により燃料流路1内での燃焼を持続させる。従って、燃料流路1内での燃焼に対する燃料改質装置の信頼性が向上する。

【0047】図2は本発明の第2の実施例である燃料改質装置の軸線を含む平面での断面図であって、前述した図1の変形例である。従って、以下の説明においては、図1との相違点のみ説明する。

【0048】本実施例においては、冷却用ジャケット10に導入される冷却媒体として炭化水素等の燃料と水蒸気とを所定の割合で混合した混合ガス5、即ち、燃料供給管6を介して燃料流路1内に供給される混合ガス5と同様の組成ガスを用いている。

【0049】このため、本実施例の燃料改質装置では、その上流側端面4に接続されている燃料供給管6及び複数の冷却媒体供給管12が、その上流側において、燃料母管18に接続されている。尚、他の部分については図1と同様であるのでその説明を省略する。

【0050】このように構成すると、燃料母管18、燃料供給管6を介して燃料流路1内に炭化水素等の燃料（本実施例ではメタンを採用）と水蒸気とを所定の割合で混合した混合ガス5が供給される。また、空気供給管8を介して燃料流路1内に空気7が供給される。燃料流路1内に供給された混合ガス5と空気7は、点火栓9により点火され拡散燃焼する。この時、空気供給管8を介して燃料流路1内に供給された空気7は、その流量が燃料供給管6を介して燃料流路1内に供給された混合ガス5（燃料であるメタン）の20%程度を燃焼させる流量であるので、混合ガス5は部分酸化（部分燃焼）され、未燃ガスを含む高温の被改質ガスが得られる。



【0051】一方、燃料母管18、冷却媒体供給管12を介して冷却用ジャケット10内に混合ガス5が供給される。冷却用ジャケット10内に供給された混合ガス5は、前記燃焼により得られた高温の被改質ガスにさらされる円筒状郭壁2を外側から冷却する。

【0052】尚、燃料母管18、燃料供給管6を介して燃料流路1内に供給される混合ガス5及び燃料母管18、冷却媒体供給管12を介して冷却用ジャケット10内に供給される混合ガス5は、予め炭化水素等の燃料と水蒸気とを所定の割合で混合し得られるものであるが、この混合のタイミングとしては、燃料母管18に供給する前であってもよいし、炭化水素等の燃料と水蒸気とを夫々燃料母管18に供給してからでもよい。

【0053】円筒状郭壁2の冷却後、冷却用ジャケット10内に供給された混合ガス5は、冷却用ジャケット10と燃料流路1とを連通する複数の噴射口15から燃料流路1内に噴射され、前記燃焼により得られた高温の被改質ガスと混合される。これにより、高温の被改質ガスは、改質触媒層3に流入するのに適した温度、即ち改質されるのに適した温度に調節され、改質触媒層3に流入し、前述した式(1)の反応により改質される。

【0054】以上本実施例によれば、燃料供給管6及び冷却媒体供給管12を、その上流側において、共通の燃料母管18に接続し、冷却用ジャケット10内に、混合ガス5を供給するようにしたので、円筒状郭壁2は冷却用ジャケット10内に供給された混合ガス5により外側から冷却される。従って、混合ガス5と空気7とを燃焼して得られる高温の被改質ガスによって高温に熱せられる円筒状郭壁2は、前記冷却により保護される。これにより、高熱に対する燃料改質装置の信頼性が向上する。

【0055】また、冷却用ジャケット10内に、混合ガス5を供給するようにしたので、燃料供給管6を介して燃料流路1に導かれる混合ガス5の燃料濃度が、前例の燃料供給管6を介して燃料流路1に導かれる混合ガス5に混合されている燃料濃度よりも薄くなる。つまり、前例の燃料改質装置と本実施例の燃料改質装置に導かれる燃料量と水蒸気量が同じ流量で決まっているとすると、前例の燃料改質装置では、燃料供給管6から供給される燃料が燃料改質装置に導かれる燃料全量が導かれることになる。換言すれば、冷却用ジャケット10には燃料が導かれない。一方、本実施例の燃料改質装置では、冷却用ジャケット10にも所定の燃料が導かれるので、燃料供給管6を介して燃料流路1内に導入される燃料が少なく(薄く)なる。

【0056】従って、燃料流路1内に形成される未燃ガスを含む高温の被改質ガスには、局所的な高温部が形成されにくくなり、円筒状郭壁2は、高温の被改質ガスから保護される。これにより、高熱に対する燃料改質装置の信頼性がさらに向上する。また、本実施例によれば、冷却用ジャケット10と燃料流路1とを連通する噴射口

15を複数円筒状郭壁2に設け、冷却用ジャケット10に供給された混合ガス5が複数の噴射口15を介して燃料流路1に噴射されるようにしたので、被改質ガスと混合ガス5が混合される。従って、改質触媒層3に流入する被改質ガスにおける燃料と水蒸気の混合性が良くなり、改質触媒層3において均一な反応を行わせることができる。これにより、燃料改質装置の性能が向上する。

【0057】図3は本発明の第3の実施例である燃料改質装置の軸線を含む平面での断面図であって、前述した図1の変形例である。従って、以下の説明においては、図1との相違点のみ説明する。

【0058】本実施例では、燃料流路1の内部に備えられてた改質触媒層3の上流側に、複数の整流板によってハニカム状に形成された整流器19を備えている。燃料流路1内において、混合ガス5と空気7との部分酸化(部分燃焼)により得られた未燃ガスを含む高温の被改質ガスには、流速分布領域と温度分布領域或いは燃料濃度分布領域が夫々形成される。このため、このような状態で下流側の改質触媒層3に流入すると、均質な改質反応が得られず、改質触媒層3に温度分布や反応のムラが生じてしまう。本実施例では、これを防止するために、前述した整流器19を改質触媒層3の上流側に備えたものである。

【0059】このように構成すると、燃焼により得られた未燃ガスを含む高温の被改質ガスは、複数の噴射口15より噴射された冷却媒体である水蒸気11(燃料供給管6を介して燃料流路1内に供給される混合ガス5でもよい)により改質触媒層3に流入するのに適した温度(改質されるのに適した温度)に調節され、下流側に進む。この際、被改質ガスは、整流器19を通過するので、被改質ガスに形成された流速分布領域と温度分布領域或いは燃料濃度分布領域がガスの流れ方向に対して均等化され、改質触媒層3に流入する。

【0060】以上本実施例によれば、燃料流路1の内部に備えられてた改質触媒層3の上流側に、複数の整流板によってハニカム状に形成された整流器19を備え、燃焼により得られた被改質ガスが改質触媒層3に流入する前に前記整流器19を通過させるようにしたので、被改質ガスに形成された流速分布領域と温度分布領域或いは燃料濃度分布領域がガスの流れ方向に対して均等化される。従って、改質触媒層3の単位体積当たりにおける反応による熱負荷が均等化され、改質触媒層3の寿命を伸ばすことができる。これにより、燃料改質装置の信頼性が向上する。

【0061】さらに、本実施例においては、以下の改良を加えている。

【0062】即ち、前述した整流器19に燃焼触媒20を担持させている。具体的には、パラジウムまたは白金等の活性成分を有するものを燃焼触媒20として整流器19に担持させている。この場合、前記整流器19は、



セラミック系のランタン、ベータ、アルミナ等の高耐熱性材料で造られていることが好ましい。

【0063】部分酸化において得られた未燃ガスを含む高温の被改質ガスには、空気中の酸素が微量に残留している。この状態で、改質触媒層3に流入すると、残留している空気中の酸素により改質触媒が酸化され、改質反応が充分に行われなくなる。本実施例では、これを防止するために、前述した整流器19にパラジウムまたは白金等の活性成分を有するものを燃焼触媒20を担持させたものである。

【0064】また、燃焼触媒20による燃焼温度に整流器19が耐えられるように、整流器19をセラミック系のランタン・ベータ・アルミナ等の高耐熱性材料で造ったものである。

【0065】このように構成すると、燃焼により得られた未燃ガスを含む高温の被改質ガスは、複数の噴射口15より噴射された冷却媒体11である水蒸気（燃料供給管6を介して燃料流路1内に供給される混合ガス5でもよい）により改質触媒層3に流入するのに適した温度（改質されるのに適した温度）に調節され、下流側に進む。この際、被改質ガスは、燃焼触媒20を担持した整流器19を通過するので、燃焼触媒20により被改質ガス中に前記部分酸化において微量に残留する空気中の酸素が完全に燃焼され、改質触媒層3に流入する。

【0066】以上本実施例によれば、改質触媒層3の上流に備えられた整流器19にパラジウムまたは白金等の活性成分を有する燃焼触媒20を担持させ、被改質ガスを改質触媒層3に流入する前に前記整流器19を通過させるようにしたので、被改質ガス中に前記部分酸化において微量に残留する空気中の酸素が完全に燃焼される。これにより、被改質ガスに微量に残留する空気中の酸素による改質触媒層3の酸化を防止でき、充分な改質反応を行わせることができる。

【0067】また、燃焼触媒20による燃焼温度に整流器19が耐えられるように、整流器19をセラミック系のランタン・ベータ・アルミナ等の高耐熱性材料で造ったものである。高温による変形等を防止できる。従って、燃料改質装置の性能と信頼性が向上する。

【0068】図4は本発明の第4の実施例である燃料改質装置の軸線を含む平面での断面図であって、前述した図1の変形例である。従って、以下の説明においては、図1との相違点のみ説明する。

【0069】本実施例では、燃料流路1を大きさが夫々異なる第1の円筒状郭壁2aと第2の円筒状郭壁2bとから形成されている。具体的には、第1の円筒状郭壁2aの直径Raが第2の円筒状郭壁2bの直径Rbよりも小さくなっており、これら直径の異なる円筒状郭壁がその端部において重ね合わされている。直径の異なる円筒状郭壁を重ね合わせた部分には、間隙部が形成されるので、そこには断面がS字状に形成された環状のフラシ

ル21が直径の異なる二つの円筒状郭壁を弾性的に支持するように設けられている。

【0070】尚、上記直径の寸法として例えば、前記Raを350mm、Rbを370mm程度とし、前記間隙部を10mm前後程度のようにする。

【0071】フラシール21は、一般にスプリングシールと呼ばれるもので、周方向の線接触により、直径の異なる円筒状郭壁2を重ね合わせ場合に形成される間隙部から流体が漏れるのを防止（シール）している。また、弾性をもたせるためフラシール21には、軸方向にスリット状の切り込みが設けられている。

【0072】円筒状郭壁2は、冷却用ジャケット10に供給された水蒸気11（燃料供給管6を介して燃料流路1内に供給される混合ガス5でもよい）により外側から冷却され、高温の被改質ガスにより内側から熱せられるので、伸びと縮みの両応力が作用する。この伸縮の差が大きすぎると、図1乃至図3で説明した燃料改質装置では、円筒状郭壁2に許容がないため、機器を構成する他の部材に悪影響を及ぼしたり、それ自身の強度が低下し破損したりする。本実施例では、これを防止するために、大きさが夫々異なる第1の円筒状郭壁2aと、第2の円筒状郭壁2bとから燃料流路1を形成し、前記伸縮差に対する許容をもたせたものである。

【0073】以上本実施例によれば、大きさが夫々異なる第1の円筒状郭壁2aと、第2の円筒状郭壁2bとから燃料流路1を形成したので、円筒状郭壁2に作用する熱応力による伸縮差を許容できる。これにより、機器を構成する他の部材に悪影響を及ぼさず、かつそれ自身の強度低下を極力抑え、機器の寿命を向上させることができる。従って、熱に対する燃料改質装置の信頼性が向上する。

【0074】図5は本発明の第5の実施例である燃料改質装置の軸線を含む平面での断面図である。

【0075】断熱層16で覆われた円筒状の燃料改質装置は、その中心軸方向に円筒状郭壁2で郭定された燃料流路1が形成され、その途中には、燃料流路1の上流側から流れてきた被改質ガスを所定の改質ガスに改質する改質触媒層3が備えられている。燃料流路1の周囲には燃料流路1を取り囲むように冷却用ジャケット10が配設され、円筒状郭壁2を冷却するための空気23が導入されるようになっている。

【0076】尚、前記断熱層16は、燃料改質装置から放出される熱を遮断する役目をしているものであって、具体的には、熱伝導率の小さいグラスウールやセラミックウール等の保温材を用いている。また、改質触媒層3としては、炭化水素に対する改質性能がよく、低コストであるニッケル系の金属を用いている。

【0077】燃料改質装置の上流側端面4のほぼ中心部には、炭化水素等の燃料と水蒸気とを所定の割合で混合し得られた混合ガス5を外側から燃料流路1内に供給す

る燃料供給管6が接続され、かつこの燃料供給管6の内部には、空気7を外部から燃料流路1内に供給する空気供給管8が燃料供給管6のほぼ中心軸上に配設されている。また、上流側端面4には、燃料供給管6の周囲に配置され水蒸気11を外部から燃料流路1内に供給する複数の水蒸気供給管24と、冷却用ジャケット10に沿って燃料改質装置の周方向に配置され空気23を外部から冷却用ジャケット10内に供給する複数の冷却媒体供給管12とが接続されている。尚、9は燃料流路1内に導入されたガスに点火する点火栓である。

【0078】燃料改質装置の下流側端面17のほぼ中心部には、改質触媒層3によって改質され得られた水素富化ガス13を外部装置に供給する燃料排出管14が接続されている。また、下流側端面17には、冷却用ジャケット10に沿って燃料改質装置の周方向に配置され冷却用ジャケット10内に導入された空気23を外部へ供給する冷却媒体導出管25が接続されている。

【0079】また、複数の水蒸気供給管24を介して燃料流路1内に供給される水蒸気11に旋回を与えるために、改質触媒層3の上流側、即ち燃料流路1の端部（上流側端面4）には、燃料供給管6を環状に取り囲むように配置された旋回器22が設けられている。

【0080】このように本実施例の燃料改質装置は構成されており、以下のように動作する。

【0081】燃料供給管6を介して燃料流路1内に炭化水素等の燃料（本実施例ではメタンを採用）と水蒸気とを所定の割合で混合した混合ガス5が供給され、空気供給管8を介して燃料流路1内に空気7が供給される。燃料流路1内に供給された混合ガス5と空気7は、点火栓9により点火され拡散燃焼する。この時、空気供給管8を介して燃料流路1内に供給された空気7は、その流量が燃料供給管6を介して燃料流路1内に供給された混合ガス5（燃料であるメタン）の20%程度を燃焼させる流量であるので、混合ガス5は部分酸化（部分燃焼）され、未燃ガスを含む高温の被改質ガスが得られる。尚、本実施例においては燃焼方式として安定燃焼範囲が広い拡散燃焼を採用している。

【0082】尚、燃料供給管6を介して燃料流路1内に供給される混合ガス5は、予め炭化水素等の燃料と水蒸気とを所定の割合で混合し得られるものであるが、この混合のタイミングとしては、燃料供給管6に供給する前であってもよいし、炭化水素等の燃料と水蒸気とを夫々燃料供給管6に供給してからでもよい。

【0083】また、燃料流路1内には、水蒸気供給管24を介して水蒸気23が供給される。この時、水蒸気23は改質触媒層3の上流側、即ち燃料流路1の端部（上流側端面4）に設けられた旋回器22により旋回が加えられ、燃料流路1内に大きく拡がる。燃料流路1内に大きく拡がった水蒸気23は、高温の被改質ガスにさらされる円筒状郭壁2を内側から冷却すると共に、前記燃焼

で得られた未燃ガスを含む高温の被改質ガスと混合し、未燃ガスを含む高温の被改質ガスの温度を改質触媒層3に流入するのに適した温度、即ち改質されるのに適した温度に調節される。

【0084】一方、冷却媒体供給管12を介して冷却用ジャケット10内に空気23が供給される。冷却用ジャケット10内に供給された空気23は、前記燃焼により得られた高温の被改質ガスにさらされる円筒状郭壁2を外側から冷却する。冷却後、冷却用ジャケット10内に供給された空気23は、冷却媒体導出管25を介して外部へ供給される。

【0085】改質触媒層3に流入するのに適した温度、即ち改質されるのに適した温度に調節された被改質ガスは、改質触媒層3により改質され水素富化ガス13にされ、燃料排出管14を介して外部装置に供給される。尚、改質触媒層3における改質反応は、前述した式（1）と同様である。

【0086】以上本実施例によれば、燃料流路1を取り囲むように冷却用ジャケット10を配置し、この冷却用ジャケット10内に空気23を供給するようにしたので、円筒状郭壁2は冷却用ジャケット10内に供給された空気23により外側から冷却される。

【0087】また、改質触媒層3の上流側、即ち燃料流路1の端部（上流側端面4）に旋回器22を設け、水蒸気供給管24を介して燃料流路1内に供給される水蒸気11に旋回を与え、水蒸気11が燃料流路1内に大きく拡がるようにしたので、円筒状郭壁2は水蒸気11により内側から冷却される。これにより、前記燃焼により得られる高温の被改質ガスにさらされる円筒状郭壁2は、その内側と外側の両側から前記冷却により保護される。従って、高温に対する燃料改質装置の信頼性がさらに向上する。

【0088】次に、前述した燃料改質装置を備えた発電システムの実施例について説明する。

【0089】図6は本発明の第6の実施例であり、前述した図1の燃料改質装置を備えた発電システムを示す系統図である。本実施例の発電システムは、大別するとガスタービン系統と排熱回収ボイラ系統と燃料改質系統とからなっている。

【0090】このうちガスタービン系統は、空気圧縮機31により圧縮された燃焼用空気30と燃料とを燃焼し高温の燃焼ガス33を得る燃焼器32と、燃焼器32で得られた高温の燃焼ガス33によって駆動されると共に、直結されている発電機35を駆動するガスタービン34とを備えてなる。

【0091】排熱回収ボイラ系統は、ガスタービン34より排出された排ガス36と給水とを熱交換し水蒸気を得る排熱回収ボイラ37を備えてなっており、排熱回収ボイラ37には、排ガス36の高圧側（排ガス36の流入側）から、混合ガス加熱器38、水蒸気加熱器39、

蒸発器40(ドラム41)、節炭器42の順に配設されている。

【0092】燃料改質系統は、燃料供給管6を介して供給された混合ガス5と空気供給装置45(例えば、圧縮機)から空気供給管8を介して供給された空気7とを燃焼して被改質ガスを得ると共に、被改質ガスを改質触媒層3により改質し燃料ガス46を得る燃料改質装置R1を備えてなっている。尚、12は冷却用ジャケット10に水蒸気11を供給する冷却媒体供給管、14は燃焼器32に燃料改質装置R1で得られた燃料ガス46を供給する燃料排出管14である。

【0093】このように本実施例の発電システムは前記各系統から構成されており、以下のように動作する。

【0094】起動時、燃料改質装置R1の燃料流路1内には、燃料供給管6を介して原燃料44が供給されると共に、空気供給管8を介して空気供給装置45で得られた空気7が供給される。供給された原燃料44及び空気7は、点火栓(図示せず)により点火されて燃焼し数百度の未燃ガス47となる。このようにして得られた未燃ガス47は、燃料流路1内を下流側に向かって流れ、燃料排出管14を介して燃焼器32に供給される。この際、未燃ガス47は、燃料流路1内に備えられている改質触媒層3を昇温する。

【0095】燃焼器32に供給された未燃ガス47は、空気圧縮機31から供給された燃焼用空気30と混合され燃焼される。この燃焼により高温の燃焼ガス33が得られ、得られた燃焼ガス33は、ガスタービン34を駆動し、駆動後排ガス36となってガスタービン34より排出される。また、ガスタービン34の駆動により、ガスタービン34に直結されている発電機35が駆動される。

【0096】ガスタービン34より排出された排ガス36は、排熱回収ボイラ37に供給され給水43と熱交換される。給水43は、ポンプにより節炭器42に供給され低圧の排ガス36により予熱される。予熱された給水は、蒸発器40(ドラム41)に供給され、高圧の排ガス36により加熱されて水蒸気11となる。水蒸気11は、冷却媒体供給管12を介して燃料改質装置R1の冷却用ジャケット10に供給され、燃料流路1を外側から冷却する。

【0097】また、水蒸気11は冷却媒体供給管12より分岐され、水蒸気加熱器39に供給され、さらに高圧の排ガス36により加熱される。加熱された水蒸気11は、原燃料44(本実施例ではメタンを採用)と混合し混合ガス加熱器38に供給され、最も高圧の排ガス36により加熱される。このようにして得られた混合ガス5は、燃料供給管6を介して燃料改質装置R1の燃料流路1内に供給される。

【0098】燃料流路1内に供給された混合ガス5は、空気供給管8を介して燃料流路1内に供給された空気7

と共に拡散燃焼(部分酸化)される。拡散燃焼により得られた高温の被改質ガスは、冷却用ジャケット10内に供給され燃料流路1を冷却した水蒸気11と混合され、改質触媒層3に流入するのに適した温度、即ち改質されるのに適した温度に調節され、改質触媒層3に流入する。被改質ガスは、改質触媒層3により改質され水素富化ガス13となる。このようにして得られた水素富化ガス13は、燃料排出管14を介して燃焼器32に供給される。これ以後、燃焼器32には燃料ガスとして水素富化ガス13が供給される。

【0099】以上本実施例によれば、排熱回収ボイラ37で得られた水蒸気11を冷却媒体供給管12を介して燃料改質装置R1の冷却用ジャケット10に供給するようにしたので、高温のガスにさらされる燃料改質装置R1の燃料流路1は、前記水蒸気11により外側から冷却される。これにより、ガスタービン34の負荷変動により熱負荷が変動しても燃料改質装置R1は、高温の熱より保護される。従って、発電システムの信頼性が向上する。

【0100】また、本実施例によれば、排熱回収ボイラ37に混合ガス加熱器38と水蒸気加熱器39とを設け、燃料改質装置R1に供給される混合ガス5とガスタービン34から排出された排ガス36とを熱交換するようにしたので、排ガス36の熱を有効に回収できる。従って、発電システムの熱効率が向上する。

【0101】また、本実施例によれば、燃料改質装置R1に空気7を供給する空気供給装置45を備えているので、燃焼器32と燃料改質装置R1に供給される空気は、それぞれ別々の空気供給装置により供給される。これにより、個別に空気流量を制御することができ、各空気供給量を広範囲に変化させることができる。従って、発電システムの制御性が向上する。

【0102】また、本実施例によれば、原燃料44に水蒸気11を含ませた混合ガス5を燃料改質装置R1に供給し、さらに、冷却用ジャケット10に供給された水蒸気11を燃焼し得られた被改質ガスに混合するというように、大量の水蒸気を燃料改質装置R1に供給するようにしているので、燃料改質装置R1から燃焼器32に供給される燃焼ガス46には水蒸気が含まれている。これにより、燃焼器32では燃焼ガス46に含まれている水蒸気により燃焼温度が抑制され、NO<sub>x</sub>の発生量が低減される、即ち低NO<sub>x</sub>化が図れる。従って、発電システムの信頼性が向上する。

【0103】また、低NO<sub>x</sub>化により、脱硝装置等の装置が不要となり、脱硝に必要なアンモニア水等のランニングコストが削減されると共に、発電システムの構成がシンプルになる。従って、発電システムのコストが削減される。

【0104】また、本実施例によれば、燃料改質装置R1は、原燃料を水素が含有する燃焼ガス46に改質する

ようにしたので、その燃焼ガス46が供給される燃焼器32では、燃焼性(燃焼速度、燃焼範囲)が増す。これにより、燃焼器32にさらに水蒸気を投入することができるので、発電システムの出力または効率が向上すると共に、発電システムの熱電比(熱と電気出力の比)の調整幅を拡大できる。従って、発電システムの使い勝手が向上する。

【0105】図7は本発明の第7の実施例であり、前述した図2の燃料改質装置を備えた発電システムの系統図であって、前述した図6の変形例である。以下の説明においては、図6との相違点のみ説明する。

【0106】本実施例においては、燃料改質装置R2の冷却用ジャケット10にも混合ガス5が供給される。このため、冷却用ジャケット10に冷却媒体を供給する冷却媒体供給管12と燃料流路1内に燃料を供給する燃料供給管6は、その上流側において、共通の燃料母管18の一端側に接続され、燃料母管18の他端側は、混合ガス加熱器38に接続されている。

【0107】このように構成すると、起動時、燃料改質装置R2の燃料流路1内には、燃料母管18、燃料供給管6を介して原燃料44が供給されると共に、空気供給管8を介して空気7が供給され燃焼される。燃焼により得られた数百度の未燃ガス47は、燃料流路1内の改質触媒層3を昇温した後、燃焼器32に供給される。燃焼器32に供給された未燃ガス47は、空気圧縮機31から供給された燃焼用空気30と混合し燃焼する。前例のように、燃焼により得られた燃焼ガス33は、ガスタービン34を駆動し、排ガス36として排熱回収ボイラ37に供給され給水43と熱交換される。給水43は、蒸発器40(ドラム41)で水蒸気11となり、水蒸気加熱器39により加熱された後、原燃料44(本実施例ではメタンを採用)と混合される。

【0108】水蒸気11と原燃料44との混合で得られた混合ガス5は、混合ガス加熱器38により加熱され、燃料母管18、燃料供給管6を介して燃料流路1内に供給されると共に、燃料母管18、冷却媒体供給管12を介して冷却用ジャケット10に供給される。

【0109】燃料流路1内に供給された混合ガス5は、空気供給管8を介して燃料流路1内に供給された空気7と共に拡散燃焼(部分酸化)される。拡散燃焼により得られた高温の被改質ガスは、冷却用ジャケット10内に供給され燃料流路1を冷却した混合ガス5と混合され、改質触媒層3に流入するのに適した温度、即ち改質されるのに適した温度に調節され、改質触媒層3に流入する。被改質ガスは、改質触媒層3により改質され水素富化ガス13となる。このようにして得られた水素富化ガス13は、燃料排出管14を介して燃焼器32に供給される。これ以後、燃焼器32には燃料ガスとして水素富化ガス13が供給される。

【0110】以上本実施例によれば、燃料母管18を分

岐して燃料流路1に供給される混合ガス5を冷却媒体供給管12を介して燃料改質装置R2の冷却用ジャケット10に供給するようにしたので、高温のガスにさらされる燃料改質装置R2の燃料流路1は、前記混合ガス5により外側から冷却される。これにより、ガスタービン34の負荷変動により熱負荷が変動しても燃料改質装置R2は、高温の熱より保護される。従って、前例同様に発電システムの信頼性が向上する。

【0111】また、本実施例によれば、燃料供給管6及び空気供給管8をその上流側において、共通の燃料母管18の一端側に接続し、燃料母管18の他端側を混合ガス加熱器38に接続するようにしたので、燃料流路1及び冷却用ジャケット10には、混合ガス5が供給される。これにより、排熱回収ボイラ37から冷却用ジャケット10内に水蒸気を供給する供給管を備える必要がなく、発電システムの構成をシンプルにできる。従って、発電システムのコストが削減される。尚、このような構成は、敷地面積の狭い、例えば工場等に設置されるコージェネレーションシステムに有効な発電システムである。また、コンバインドプラント等に適用されてもよい。

【0112】また、本実施例によれば、原燃料44に混合される水蒸気11の量が、前例で原燃料44に混合される蒸気量と冷却用ジャケット10に供給され被改質ガスに混合される蒸気量とを合わせた量に等しので、燃焼器32に供給される水蒸気11の量も前例と同様である。従って、前例同様に低NOx化を図ることができる。

【0113】図8は本発明の第8の実施例であり、前述した図1の燃料改質装置を備える発電システムを示す系統図であって、前述した図6の変形例である。従って、以下の説明においては、図6との相違点のみ説明する。

【0114】本実施例においては、燃料改質装置R1に空気を供給する供給源が、燃焼器32へ燃焼用空気30を供給する空気圧縮機31となっている。このため、空気圧縮機31で圧縮した燃焼用空気30を燃焼器32へ供給する配管に空気供給管18の一端側が接続されている。尚、この場合、空気圧縮機31から燃焼器32へ流れる燃焼用空気30の圧力損失が、抽気され空気供給管18、燃料改質装置R1を介して燃焼器32へ供給される空気7の通る全圧力損失と同じになるように両者の流路抵抗を設定する。

【0115】このように構成すると、起動時、燃料改質装置R1の燃料流路1内には、原燃料44が燃料供給管6を介して供給されると共に、空気圧縮機31で圧縮された燃焼用空気30の一部が抽気され空気供給管8を介して空気7が供給されるようになる。これ以降の動作は、前述した図6と同じであるので省略する。

【0116】以上本実施例によれば、空気圧縮機31で圧縮した燃焼用空気30を燃焼器32へ供給する配管に空気供給管18の一端側を接続するようにしたので、空気圧縮機31で圧縮された燃焼用空気30の一部は、抽

気され空気供給管18を介して燃料改質装置R1の燃料流路1内に供給される。これにより、別個に設けていた空気供給装置を備える必要がなく、発電システムの構成をシンプルにできる。従って、発電システムのコストが削減される。尚、このような構成は、敷地面積の狭い、例えば工場等に設置されるコジェネレーションシステムに有効な発電システムである。また、コンバインドプラント等に適用されてもよい。

【0117】さらに、本実施例によれば、以下の変形を加えることができる。

【0118】即ち、図7に示したように、燃料改質装置R2の冷却用ジャケット10に混合ガス5を供給させるようにし、冷却用ジャケット10に冷却媒体を供給する冷却媒体供給管12と燃料流路1内に燃料を供給する燃料供給管6を、その上流側において、共通の燃料母管18の一端側に接続し、燃料母管18の他端側を、混合ガス加熱器38に接続させる。

【0119】このように構成すると、起動時、燃料母管18、燃料供給管6を介して燃料流路1内に原燃料44が供給される。また、蒸気発生時、燃料母管18、燃料供給管6を介して燃料流路1内に混合ガス5が供給されると共に、燃料母管18、冷却媒体供給管12を介して冷却用ジャケット10内に混合ガス5が供給される。以上本実施例によれば、燃料供給管6及び空気供給管8をその上流側において、共通の燃料母管18の一端側に接続し、燃料母管18の他端側を混合ガス加熱器38に接続するようにしたので、燃料流路1及び冷却用ジャケット10には、混合ガス5が供給される。これにより、排熱回収ボイラ37から冷却用ジャケット10内に水蒸気を供給する供給管を備える必要がなく、さらに発電システムの構成をシンプルにできる。従って、発電システムのコストがさらに削減される。また、本実施例によれば、前例同様に低NO<sub>x</sub>化を図ることができるので、発電システムの信頼性が向上する。

【0120】図9は本発明の第9の実施例であり、前述した図5の燃料改質装置を備えた発電システムを示す系統図である。本実施例の発電システムは、大別するとガスタービン系統と排熱回収ボイラ系統と燃料改質系統とからなっている。

【0121】このうちガスタービン系統は、空気圧縮機31により圧縮され、後述する燃料改質系統を介して供給された燃焼用空気30と燃料とを燃焼し高温の燃焼ガス33を得る燃焼器32と、燃焼器32で得られた高温の燃焼ガス33によって駆動されると共に、直結されている発電機35を駆動するガスタービン34とを備えている。

【0122】排熱回収ボイラ系統は、ガスタービン34より排出された排ガス36と給水とを熱交換し水蒸気を得る排熱回収ボイラ37を備えており、排熱回収ボイラ37には、排ガス36の高圧側（排ガス36の流

入側）から、混合ガス加熱器38、水蒸気加熱器39、蒸発器40（ドラム41）、節炭器42の順に配設されている。

【0123】燃料改質系統は、燃料供給管6を介して供給された混合ガス5と空気圧縮機31から空気母管48、空気供給管8を介して供給された空気7とを燃焼して被改質ガスを得ると共に、被改質ガスを改質触媒層3により改質し燃料ガス46を得る燃料改質装置R5を備えてなっている。尚、12は空気母管48にその一端が接続され冷却用ジャケット10に空気7を供給する冷却媒体供給管、24は燃料流路1内に水蒸気11を供給する水蒸気供給管、14は燃焼器32に燃料改質装置R1で得られた燃料ガス46を供給する燃料排出管、25は燃焼器32に冷却用ジャケット10内に供給された空気7を供給する冷却媒体排出管である。

【0124】このように本実施例の発電システムは前記各系統から構成されており、以下のように動作する。

【0125】起動時、燃料改質装置R5の燃料流路1内には、燃料供給管6を介して原燃料44が供給される。これと同時に、燃料流路1内には、空気母管48、空気供給管8を介して空気圧縮機31で圧縮された空気7が供給されると共に、冷却用ジャケット10内に、空気母管48、冷却媒体供給管12を介して空気7が供給される。燃料流路1内に供給された原燃料44及び空気7は、点火栓（図示せず）により点火されて燃焼し数百度の未燃ガス47となる。このようにして得られた未燃ガス47は、燃料流路1内を下流側に向かって流れ、燃料排出管14を介して燃焼器32に供給される。この際、未燃ガス47は、燃料流路1内に備えられている改質触媒層3を昇温する。また、冷却用ジャケット10内に供給された空気7は、燃料流路1を外側から冷却し、冷却媒体排出管25を介して燃焼器32に供給される。

【0126】燃焼器32に供給された未燃ガス47と空気7は、混合され燃焼される。この燃焼により高温の燃焼ガス33が得られ、得られた燃焼ガス33は、ガスタービン34を駆動し、駆動後排ガス36となってガスタービン34より排出される。また、ガスタービン34の駆動により、ガスタービン34に直結されている発電機35が駆動される。

【0127】ガスタービン34より排出された排ガス36は、排熱回収ボイラ37に供給され給水43と熱交換される。給水43は、ポンプにより節炭器42に供給され低圧の排ガス36により予熱される。予熱された給水は、蒸発器40（ドラム41）に供給され、高圧の排ガス36により加熱されて水蒸気11となる。水蒸気11は、水蒸気供給管24、旋回器22を介して燃料流路1に供給される。

【0128】また、水蒸気11は水蒸気供給管24より分岐され、水蒸気加熱器39に供給され、さらに高圧の排ガス36により加熱される。加熱された水蒸気11



は、原燃料44（本実施例ではメタンを採用）と混合し混合ガス加熱器38に供給され、最も高圧の排ガス36により加熱される。このようにして得られた混合ガス5は、燃料供給管6を介して燃料改質装置R5の燃料流路1内に供給される。

【0129】燃料流路1内に供給された混合ガス5は、空気供給管8を介して燃料流路1内に供給された空気7と共に拡散燃焼（部分酸化）される。拡散燃焼により得られた高温の被改質ガスは、旋回器22を介して燃料流路1内に供給された水蒸気11と混合され、改質触媒層3に流入するのに適した温度、即ち改質されるのに適した温度に調節され、改質触媒層3に流入する。被改質ガスは、改質触媒層3により改質され水素富化ガス13となる。このようにして得られた水素富化ガス13は、燃料排出管14を介して燃焼器32に供給される。これ以後、燃焼器32には燃料ガスとして水素富化ガス13が供給される。

【0130】以上本実施例によれば、空気圧縮機31で圧縮された空気7を空気母管48、冷却媒体供給管12を介して燃料改質装置R5の冷却用ジャケット10に供給するようにしたので、高温のガスにさらされる燃料改質装置R6の燃料流路1は、前記水蒸気11により外側から冷却される。また、排熱回収ボイラ37で得られた水蒸気11を水蒸気供給管24、旋回器22を介して燃料流路1に供給したので、高温のガスにさらされる燃料流路1は内側から冷却される。これにより、ガスタービン34の負荷変動により熱負荷が変動しても燃料改質装置R5は、高温の熱より保護される。従って、発電システムの信頼性がさらに向上する。

【0131】また、本実施例によれば、空気圧縮機31から燃焼器32に供給される空気は、燃料改質装置R6の冷却用ジャケット10を介して供給されるので、燃料改質装置R5を冷却してから供給される。これにより、燃料改質装置R5は、システムの起動時においても冷却されることになる。従って、発電システムの信頼性がさらに向上する。

【0132】また、本実施例によれば、排熱回収ボイラ37に混合ガス加熱器38と水蒸気加熱器39とを設け、燃料改質装置R5に供給される混合ガス5とガスタービン34から排出された排ガス36とを熱交換するようにしたので、排ガス36の熱を有効に回収できる。従って、発電システムの熱効率が向上する。

【0133】また、本実施例によれば、空気圧縮機31で圧縮した空気7を改質系統に供給する空気母管48を設け、この空気母管48に空気供給管8及び冷却媒体供給管12を接続するようにしたので、空気圧縮機31で圧縮した空気7は、空気母管48、空気供給管8を介して燃料流路1内に供給されると共に、空気母管48、冷却媒体供給管12を介して冷却用ジャケット10内に供給される。また、冷却媒体排出管25を燃焼器32に接

続したので、冷却用ジャケット10内に供給された空気7は、冷却媒体排出管25を介して燃焼器32に供給される。これにより、燃料改質装置R5に空気を供給する別置の空気供給装置が不要となる。また、燃料改質装置R5と燃焼器32とが直列接続となり、燃料改質装置R5と燃焼器32を一体の機器で構成できるので、発電システムの構成をシンプルにできる。従って、発電システムのコストが削減される。尚、このような構成は、敷地面積の狭い、例えば工場等に設置されるコジェネレーションシステムに有効な発電システムである。また、コンバインドプラント等に適用されてもよい。

【0134】また、本実施例によれば、原燃料44に水蒸気11を含ませた混合ガス5を燃料改質装置R5に供給し、さらに、燃料流路1内に水蒸気11を供給し被改質ガスに混合するというように、大量の水蒸気を燃料改質装置R5に供給するようにしているので、燃料改質装置R5から燃焼器32に供給される燃焼ガス46には水蒸気が含まれている。これにより、燃焼器32では燃焼ガス46に含まれている水蒸気により燃焼温度が抑制され、NOxの発生量が低減される、即ち低NOx化が図れる。従って、発電システムの信頼性が向上する。

【0135】また、低NOx化により、脱硝装置等の装置が不要となり、脱硝に必要なアンモニア水等のランニングコストが削減されると共に、発電システムの構成がシンプルになる。従って、発電システムのコストがさらに削減される。

【0136】また、本実施例によれば、燃料改質装置R5は、原燃料を水素が含有する燃焼ガス46に改質するようにしたので、その燃焼ガス46が供給される燃焼器32では、燃焼性（燃焼速度、燃焼範囲）が増す。これにより、燃焼器32にさらに水蒸気を投入することができるので、発電システムの出力または効率が向上すると共に、発電システムの熱電比（熱と電気出力の比）の調整幅を拡大できる。従って、発電システムの使い勝手が向上する。

#### 【0137】

【発明の効果】本発明によれば、燃料流路に隣接して冷却ジャケットを配置し、この冷却ジャケットに燃料流路を冷却する冷却媒体を導入するようにし、冷却流路を冷却するようにしたので、ガスタービンの負荷変動により熱負荷が変動しても燃料改質装置は、高温の熱より保護される。

【0138】従って、ガスタービン発電システムに適用できる信頼性の高い燃料改質装置を提供できる。また、前記燃料改質装置を備えた信頼性の高い発電システムを提供できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例である燃料改質装置の軸線を含む平面での断面図。

【図2】本発明の第2の実施例である燃料改質装置の軸

23

線を含む平面での断面図。

【図3】本発明の第3の実施例である燃料改質装置の軸線を含む平面での断面図。

【図4】本発明の第4の実施例である燃料改質装置の軸線を含む平面での断面図。

【図5】本発明の第5の実施例である燃料改質装置の軸線を含む平面での断面図。

【図6】本発明の第6の実施例であって、図1の燃料改質装置を備えた発電プラントを示す系統図。

【図7】本発明の第7の実施例であって、図2の燃料改

24

質装置を備えた発電プラントを示す系統図。

【図8】本発明の第8の実施例であって、図1の燃料改質装置を備えた発電プラントを示す系統図。

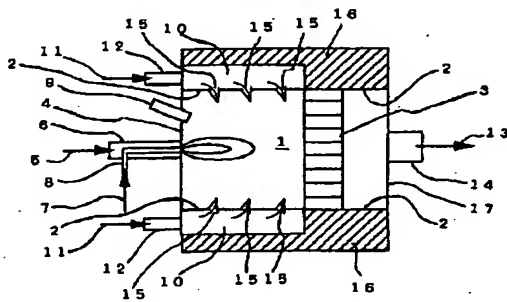
【図9】本発明の第9の実施例であって、図5の燃料改質装置を備えた発電プラントを示す系統図。

【符号の説明】

1…燃料流路、3…改質触媒層、10…冷却用ジャケット、15…噴射口、19…整流器、20…燃焼触媒、22…旋回器、32…燃焼器、34…ガスタービン、36…排ガス、37…排熱回収ボイラ。

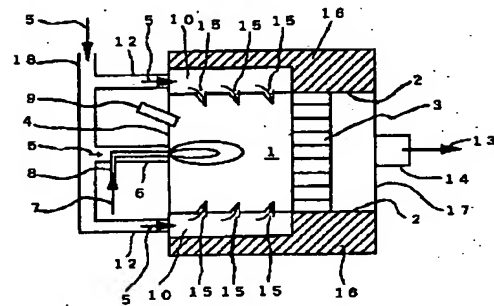
【図1】

図 1



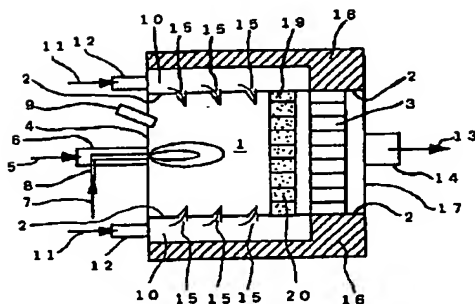
【図2】

図 2



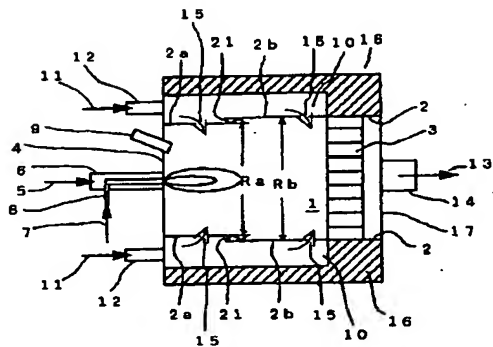
【図3】

図 3



【図4】

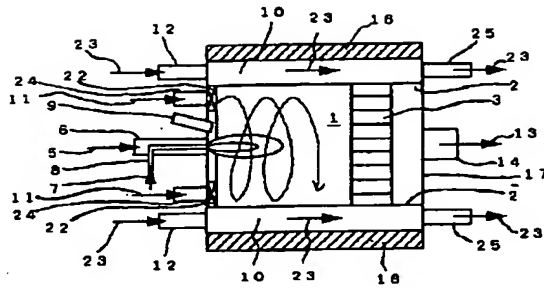
図 4



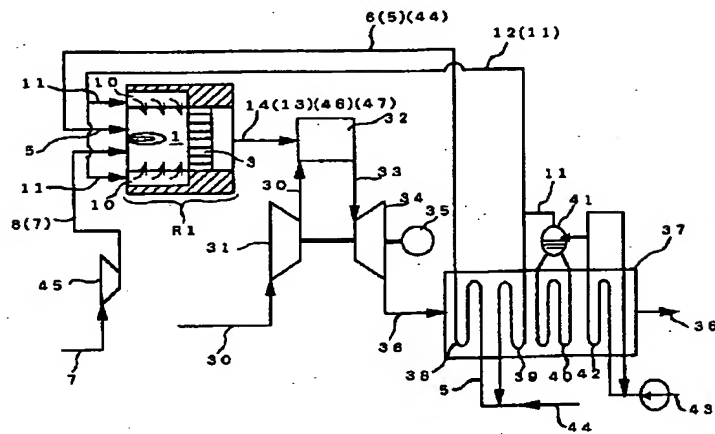


【図5】

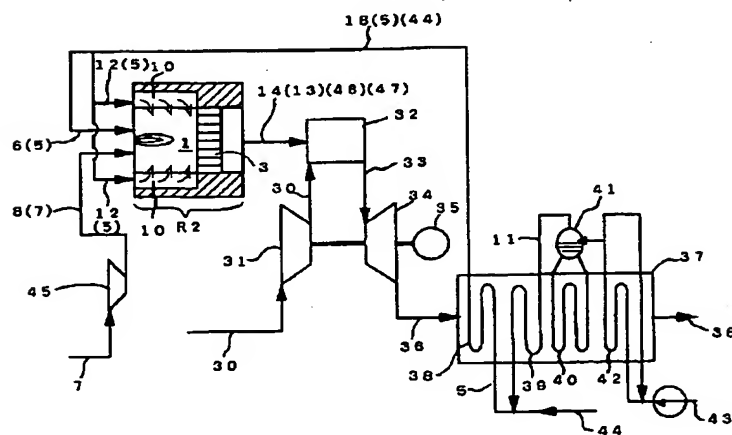
図 5



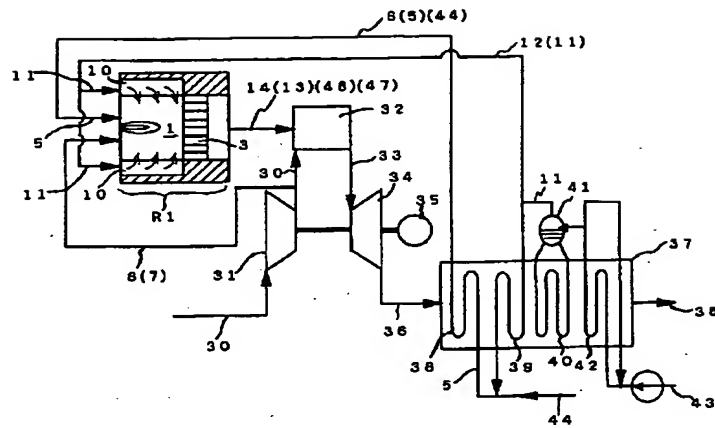
【図6】



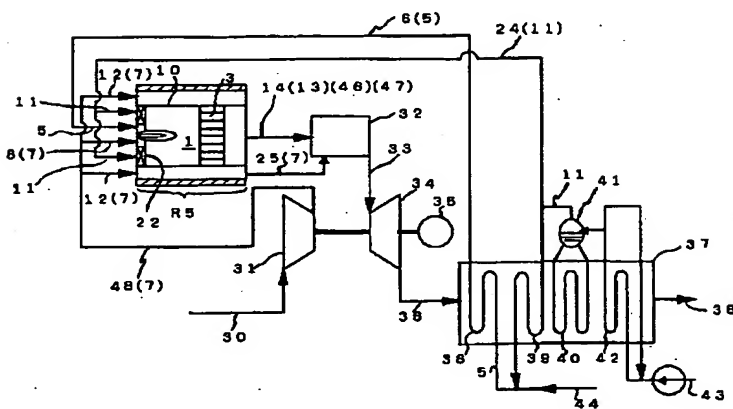
【図7】



【図 8】



【図 9】



## 【手続補正書】

【提出日】平成 7 年 2 月 3 日

## 【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0055

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0055】また、冷却用ジャケット 10 内に、混合ガス 5 を供給するようにしたので、燃料供給管 6 を介して燃料流路 1 に導かれる混合ガス 5 の燃料濃度が、前例の燃料供給管 6 を介して燃料流路 1 に導かれる混合ガス 5 に混合されている燃料濃度よりも薄くなる。つまり、前例の燃料改質装置と本実施例の燃料改質装置に導かれる燃料量と水蒸気量が同じ流量で決まっているとすると、前例の燃料改質装置では、燃料供給管 6 から燃料流路 1 内に供給される燃料は燃料改質装置に導かれる燃料の全

量に相当する。換言すれば、冷却用ジャケット 10 には燃料が導かれず、一方、本実施例の燃料改質装置では、冷却用ジャケット 10 にも所定の燃料が導かれるので、燃料供給管 6 を介して燃料流路 1 内に導入される燃料が少なく（薄く）なる。

## 【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0062

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0062】即ち、前述した整流器 19 に燃焼触媒 20 を担持させている。具体的には、パラジウムまたは白金等の活性成分を有するものを燃焼触媒 20 として整流器 19 に担持させている。この場合、前記整流器 19 は、セラミック系のランタン・ベータ・アルミナ等の高耐熱

性材料で造られていることが好ましい。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0111

【補正方法】変更

【補正内容】

【0111】また、本実施例によれば、燃料供給管6及び空気供給管8をその上流側において、共通の燃料母管18の一端側に接続し、燃料母管18の他端側を混合ガス加熱器38に接続するようにしたので、燃料流路1及び冷却用ジャケット10には、混合ガス5が供給される。これにより、排熱回収ボイラ37から冷却用ジャケット10内に水蒸気を供給する供給管を備える必要がなく、発電システムの構成をシンプルにできる。従って、発電システムのコストが削減される。尚、このような構成は、敷地面積の狭い、例えば工場等に設置されるコージェネレーションシステムに有効な発電システムである。また、コンバインドプラント等に適用されてもよい。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0116

【補正方法】変更

【補正内容】

【0116】以上本実施例によれば、空気圧縮機31で圧縮した燃焼用空気30を燃焼器32へ供給する配管に空気供給管18の一端側を接続するようにしたので、空気圧縮機31で圧縮された燃焼用空気30の一部は、抽気され空気供給管18を介して燃料改質装置R1の燃料流路1内に供給される。これにより、別個に設けていた

空気供給装置を備える必要がなく、発電システムの構成をシンプルにできる。従って、発電システムのコストが削減される。尚、このような構成は、敷地面積の狭い、例えば工場等に設置されるコージェネレーションシステムに有効な発電システムである。また、コンバインドプラント等に適用されてもよい。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0133

【補正方法】変更

【補正内容】

【0133】また、本実施例によれば、空気圧縮機31で圧縮した空気7を改質系統に供給する空気母管48を設け、この空気母管48に空気供給管8及び冷却媒体供給管12を接続するようにしたので、空気圧縮機31で圧縮した空気7は、空気母管48、空気供給管8を介して燃料流路1内に供給されると共に、空気母管48、冷却媒体供給管12を介して冷却用ジャケット10内に供給される。また、冷却媒体排出管25を燃焼器32に接続したので、冷却用ジャケット10内に供給された空気7は、冷却媒体排出管25を介して燃焼器32に供給される。これにより、燃料改質装置R5に空気を供給する別置の空気供給装置が不要となる。また、燃料改質装置R5と燃焼器32とが直列接続となり、燃料改質装置R5と燃焼器32を一体の機器で構成できるので、発電システムの構成をシンプルにできる。従って、発電システムのコストが削減される。尚、このような構成は、敷地面積の狭い、例えば工場等に設置されるコージェネレーションシステムに有効な発電システムである。また、コンバインドプラント等に適用されてもよい。

フロントページの続き

(72)発明者 牧野 祐治

茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会社日立製作所日立工場内

(72)発明者 権田 和裕

茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会社日立製作所日立工場内